书写对阅读的影响——来自传统书写与电脑打字的证据*

朱朝霞[1] 刘 丽[2] 崔 磊[1] 彭聃龄[2]

([1]山东师范大学心理学院，济南 250014) ([2]北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室，北京 100875)

摘 要 书写和阅读是在文字的基础上发展起来的，二者存在共享的神经网络。书写能影响阅读，阅读不仅依靠视觉加工，还依赖书写运动表征。不同书写方式对阅读的影响不同，传统书写对阅读有促进作用，电脑打字对阅读产生了一定的消极影响。对汉字来说，传统书写能加强汉字的正字法表征，促进汉字阅读；电脑打字对汉字阅读的影响尚无一致结论。未来研究可以考察传统书写与电脑打字神经机制的差异，以及电脑打字对汉字认知加工的影响及神经机制。

关键词 传统书写；电脑打字；阅读；神经机制；汉字加工

分类号 B842

1 引言

文字的出现使人们可以借助书面语言进行交流，阅读和书写都是在文字产生的基础上发展起来的，是书面语言的两种形式。早期的研究者主要关注阅读或书写本身的过程及机制，后来的一些研究发现，书写和阅读密切相关。行为方面的研究结果显示，书写能力与阅读能力之间存在正相关(Tan, Spinks, Eden, Perfetti, & Siok, 2005; Chan, Ho, Tsang, Lee, & Chung, 2006; McCarney, Peters, Jackson, Thomas, & Kirby, 2013)。脑成像研究则为阅读和书写之间的关系提供了神经机制的证据，发现两者存在共享的神经网络，包括左侧梭状回(VWFA)和左侧额下回(Rapp & Lipka, 2011; Purcell, Napoliello, & Eden, 2011)等。此外，阅读过程中，书写的核心脑区也会出现激活(Longcamp, Anton, Roth, & Velay, 2003)。尽管如此，书写为什么会影响阅读以及影响机制如何等问题仍然有待探讨。

在信息化时代，电脑的广泛使用给书写带来了巨大的改变，人们写字的方式由传统的“纸+笔”变成了现代的“屏幕+键盘”。电脑打字作为一种新的书写方式，在很多情况下已经取代了传统的纸笔书写，成为人们生活中不可或缺的一部分，同时也对人们的学习和生活产生了影响。有研究发现，大学生采用不同书写方式记笔记的效果不同，电脑打字记笔记更快，

收稿日期：2018-04-12

* 国家自然科学基金项目(31571155)。

通信作者：朱朝霞, E-mail: zhuzhaoxia0513@163.com

记录效率更高，但手写记笔记比电脑打字记笔记的学习及记忆效果更好(Aragón-Mendizábal, Delgado-Casas, Navarro-Guzmán, Menacho-Jiménez, & Romero-Oliva, 2016; Mueller & Oppenheimer, 2014)。由此可见，书写方式的改变对语言加工产生了影响。书写方式的改变能否影响书写和阅读之间的关系，这也成为研究者新的关注点。

对汉字来说，电脑打字(特别是拼音输入法打字)简单易学且不易写错，人们越来越依赖电脑打字，甚至完全忽视纸笔书写，从而导致普遍存在的“提笔忘字”的现象，一些人只能大致记住汉字的形状，却无法正确写出具体的部首和结构。不仅如此，有研究者在北京、广州和山东济宁做过一项大规模的调查研究，结果显示电脑打字影响了儿童阅读能力的发展(Tan, Xu, Chang, & Siok, 2013)。电脑打字对汉字认知加工的影响更是关心汉语阅读的研究者想要探究的一个重要问题。

基于近年来书写和阅读领域的研究现状及相关文献，本文围绕以下三个问题探讨了书写对阅读的影响：1)阅读和书写在神经机制上有怎样的联系？2)不同的书写方式是否会对阅读产生不同的影响？3)汉字有不同于拼音文字的独特性，书写方式的改变对汉字阅读产生了怎样的影响？在阐明了以上三个问题的基础上，展望了未来的研究方向。

2 书写和阅读在神经机制上的联系

阅读和书写是文字加工的两种形式，书写是从概念准备(语义)到输出正字法表征的过程，而阅读是从通达字词的正字法表征到通达意义的过程(王成，尤文平，张清芳, 2012)，书写和阅读是否具有共同的正字法表征是探讨二者之间关系的一个重要问题。脑成像研究为这个问题提供了一些证据, Rapp 和 Lipka (2011)考察了拼写和阅读的神经基础，发现左侧梭状回中部和左侧额下回在两种任务中都出现了激活，特别是左侧梭状回的激活，说明拼写和阅读共享词汇的正字法表征。Purcell 等(2011)也发现，电脑拼写与阅读共同激活了左侧额下回和左侧颞枕区的字形加工区(VWFA)，但是电脑拼写和阅读在左侧颞枕区的激活并不完全重叠，颞下回外侧在拼写任务中的激活更强，而颞下回内侧(VWFA)在两种任务中的激活则没有差异，说明拼写和阅读既有共同的词汇表征，也有与任务相关的独特表征。

但最近有关脑损伤的一些研究却提供了相反的证据，发现书写和阅读的正字法表征是分离的。例如, Purcell, Shea 和 Rapp (2014)的一项研究发现，语义通达正字法信息(拼写)和正字法通达语义(阅读)这两种过程在 VWFA 的表征是分离的。还有一项研究采用基于体素的损伤症状图(voxel-based lesion symptom mapping, VLSM)的方法考察书写和阅读在脑机制上的关系，发现阅读与左侧颞枕皮层下部的激活相关，而书写则与左侧顶下小叶，特别是缘上

回的激活相关，书写和阅读在脑区上是分离的(Baldo et al., 2018)。

还有一些研究发现书写中心——Exner 区在阅读中也出现了激活，为书写和阅读在神经机制上的联系提供了新的证据。关于“书写中心”的研究可以追溯到 19 世纪。1881 年，Exner 通过脑损伤病人的研究发现，左侧额中回后部损伤会导致书写能力受损(引自 Sugihara, Kaminaga, & Sugishita, 2006)，并把该区域命名为书写中心，后来该区域被称为“Exner 区”。脑损伤患者的研究发现，失写症主要是由于以下区域受损导致的：左侧额中回的后部(Tohgi et al., 1995; Keller & Meister, 2014)和左侧的顶内沟(Auerbach & Alexander, 1981; Sakurai et al., 2007)。正常人书写的脑成像研究也发现，在控制了书写过程中的语言加工成分和运动成分的条件下，左侧额中/上回的后部(Beeson et al., 2003; Katanoda, Yoshikawa, & Sugishita, 2001; Longcamp et al., 2014; Menon & Desmond, 2001; Planton, Jucla, Roux, & Demonet, 2013; Rapp & Dufor, 2011; Sugihara, Kaminaga, & Sugishita, 2006)和左侧顶上小叶(Beeson et al., 2003; Katanoda et al., 2001; Menon & Desmond, 2001; Planton et al., 2013; Rapp & Dufor, 2011; Segal & Petrides, 2012; Sugihara et al., 2006)依然在书写任务中出现了激活。除此之外，左侧颞顶皮层特别是左侧颞上回(Roux et al., 2014)及左侧缘上回(Sugihara, Kaminaga, & Sugishita, 2006)也参与书写过程。在与书写有关的这些脑区中，左侧额中回主要是指左侧前运动皮层，Roux 等(2009)将左侧额中/上回称为字形/运动前额区(“Graphemic/ Motor Frontal Area”, GMFA)，其负责书写过程中正字法和书写动作程序之间的联结。有趣的是，左侧前运动皮层(Exner 区)在阅读任务中也出现了激活。研究发现右手写字的被试在被动看字母时左侧前运动皮层(BA6 区)会出现激活，看非字母符号时则不会激活(Longcamp et al., 2003)，而左手写字的人在被动看字母时，右侧前运动皮层(BA6 区)出现了激活(Longcamp, Anton, Roth, & Velay, 2005)，说明在字母阅读过程中会自动激活书写动作。还有研究者采用重复启动范式，发现当启动刺激为静态呈现的文字时，能够对按书写笔画动态呈现(正向书写或反向书写)的文字产生启动，左侧前运动皮层在正向书写条件下出现最大启动效应，说明静态文字中也包含运动信息(Nakamura et al., 2012; Perfetti, & Tan, 2013)。

Exner 区在阅读任务中的激活不仅体现了书写和阅读的神经网络被动的共同激活，还反映了书写和阅读存在更高级的认知加工上的关联。研究者采用 TMS 技术，对左侧前运动皮层(Exner 区)施加电磁刺激，以干扰其功能，并观察随后的词汇判断任务，结果显示，在词汇识别的早期阶段(60-160ms 的时间窗内)，TMS 刺激对包含不同运动信息(手写体和印刷体)的真词的识别没有影响，但对两种不同字体的假词的识别有影响。这说明至少在词汇识别的早期阶段，该脑区参与了书写和假词加工所共有的亚词汇及序列加工过程(Pattamadilok, Ponz,

Planton, & Bonnard, 2016)。

尽管书写和阅读是否具有共同的正字法表征尚未取得一致结论，但研究发现书写的核心脑区-左侧前运动皮层在阅读任务中出现了激活，可见阅读过程中有书写动作信息的参与，书写能影响阅读。

3 书写对阅读的影响

由于阅读和书写在神经机制上存在联系，因此研究者试图探讨书写是怎样影响阅读过程的。随着计算机科学的发展和它在日常生活中的广泛运用，现代人有了两种不同的书写方式，一种是传统的纸笔书写，另一种是在计算机上通过按键进行书写。传统的纸笔书写需要基于字形进行精细的手写动作输出，书写动作与字形信息密切相关，因此在文字阅读过程中，除了视觉表征之外，还会激活相应的书写动作表征，帮助读者完成文字识别及相应的认知加工任务；而电脑打字仅要求手指敲击相应的键盘来完成文字的书写，打字动作与字形信息无关，如果采用电脑打字来输出文字，读者在阅读时可能无法依赖书写动作表征帮助识别文字，因此可能会影响词汇识别及认知加工。不同书写方式的出现为探讨书写对阅读的影响提供了理想的对比条件。

3.1 传统书写对阅读的影响

在文字学习过程中，书写和阅读往往是同步进行的，这使得书写和阅读密切相关。有研究者认为，熟练的阅读存在两种独立的编码系统：视觉的正字法编码系统和书写动作编码系统(Nakamura et al., 2012)。阅读不仅依靠单纯的视觉加工，还依赖书写运动表征，文字加工中存在运动-知觉的交互作用(Longcamp et al., 2003)。一方面，书写动作能够激活文字的视觉表征。研究发现，失读症病人不能够完成字母的视觉想象任务，但如果允许他用手指书写字母，被试的成绩会显著提高，说明可以借助书写动作来激活或建立字母的视觉表征(Bartolomeo, Bachoud-levi, Chokron, & Degos, 2002; Seki, Yajima, & Sugishita, 1995)。对学前儿童来说，与单纯进行视觉的字母识别训练相比，伴随书写练习的字母识别训练能够提高字母识别的成绩，同时也会增强字母知觉过程中左侧梭状回的激活(James, 2010)。还有研究者让被试报告两种不同呈现形式(根据读音拼出词汇或直接呈现词汇)的日本汉字的笔画数，报告分为两种条件，一种条件允许伴随手指运动，另一种条件不允许伴随手指运动，结果显示伴随性手指运动会带来初级运动区更多的激活，而减少左侧前运动区(Exner 区)和背侧枕顶区的激活，这说明手指运动可以减轻大脑相关脑区在字形产生以及视觉空间想象上的神经负担(Matsuo et al., 2003)，遗憾的是该研究没有同步收集反应时的数据，不能直接比较被试在有无手指运动条件下行为表现的差异。汉字书写之所以能促进儿童的阅读发展，其中一个重要机制就是

汉字书写中的运动规划能够促进汉字的长时动作记忆的形成(Tan et al., 2005)。

另一方面，文字识别过程中相应的感觉运动表征也会自动激活，进而促进词汇识别。被试在被动看字母时，左侧前运动皮层会出现激活，该脑区在书写字母时也出现激活，而看从未书写过的非字母符号时，左侧前运动皮层却没有出现激活(Longcamp et al., 2003)，说明文字的视觉表征能够激活相应的动作表征，阅读在一定程度上依赖于书写。在文字识别中，手写体文字的识别具有一定的独特性。与印刷体文字相比，手写体文字包含更多的动作信息，比较手写体文字与印刷体文字识别时的差异也能从另一个角度考察书写动作对阅读的影响。研究发现，与印刷体字母相比，识别手写体字母引发了左侧初级运动皮层及辅助运动区的更强激活(Longcamp, Tanskanen, & Hari, 2006; Longcamp, Hlushchuk, & Hari. 2011)，人们之所以能轻松识别字迹不同的手写体文字，其中一个重要原因是人们熟悉书写中的动作规则，因而能够利用文字包含的书写动作痕迹来识别文字。

3.2 电脑打字对阅读的影响

相对于传统书写，电脑打字改变了人们的书写动作，使得书写动作不再与字形表征密切相关，这种改变可能对文字加工产生影响。尽管电脑打字与传统书写的神经网络具有较高的一致性，两种书写共同激活了左侧顶上小叶，左侧缘上回和左侧额中/额上回，但直接比较电脑打字和传统书写两种条件则发现打字和写字在左侧顶内沟内后侧和左侧前运动区的激活存在差异，反映了两种不同的书写在字形-动作转化过程及空间注意上的差异(Higashiyama, Takeda, Someya, Kuroiwa, & Tanaka, 2015)。

在字母或字符加工层面，与传统书写相比，电脑打字对文字加工产生了消极影响。Longcamp 等让 3-5 岁的儿童分别采用打字和写字两种不同的方式学习字母，发现写字比打字能更好地促进儿童的词汇识别(Longcamp, Zerbato-Poudou, & Velay, 2005)，并且这种优势是持久的；对成人的研究也发现，对字符的稳定表征依赖于学习过程中的书写动作，与打字习得的字符相比，被试对写字习得字符的方向识别更好(Longcamp, Boucard, Gilhodes, & Velay, 2006; Longcamp et al., 2008)。其随后进行的脑成像研究也发现，与打字习得的字符相比，识别手写习得的字符时左侧布罗卡区，左侧前运动区和中央后回等脑区都有更强的激活(Longcamp et al., 2008)，这些脑区的激活反映了书写动作在字符识别中的作用。

对词汇加工而言，书写动作的改变是否影响词汇加工尚未取得一致结论。一些研究发现，在被试已经掌握了字母的正确表征的情况下，书写动作的改变不会影响词汇加工。Masterson 和 Apel (2006)让小学儿童用纸笔书写和电脑打字两种不同的方式来拼写单词，发现不同书写方式对单词拼写的正确率没有影响。还有研究考察了不同方式的书写训练能否对儿童词汇

的正字法学习产生影响，研究者以小学低年级学生为被试，用纸笔书写和电脑打字两种不同的方式训练儿童学习不能拼读的假词，书写训练之后，进行词汇的再认及书写测验，结果显示两种不同的书写训练并没有对小学生的词汇加工产生不同的影响(Ouellette & Tims, 2014)。但也有研究者以学前儿童为被试，进行了更长时间(为期四周，每周四天)的字母书写训练，发现纸笔书写训练比电脑打字训练更能促进儿童单词的阅读和书写(Kiefer et al., 2015)。

4 书写对汉字阅读的影响

与拼音文字不同，汉字是表意文字，具有复杂的空间结构，在汉字学习过程中需要伴随大量书写来帮助初学者掌握汉字的正字法信息。同时，汉字中存在大量的同音字，因此对汉字阅读来说，语音意识的作用相对较弱，书写的作用更大(Tan et al., 2005)。

4.1 传统书写对汉字阅读的影响

书写能加强汉字的正字法表征，促进汉字阅读。有研究指出，汉字书写能力与阅读能力存在正相关(Tan et al., 2005; Chan, Ho, Tsang, Lee, & Chung, 2006)。汉字书写能促进汉语儿童的阅读发展，其影响机制体现在两个方面，一是汉字书写中的正字法意识能够促进汉字形、音、义之间的联结；二是汉字书写中的运动规划能够促进汉字的长时动作记忆的形成(Tan et al., 2005)。以香港儿童为被试进行的研究也发现书写和阅读存在正相关，而且二者又都与正字法知识、语音记忆及命名速度存在正相关(Chan et al., 2006)。书写不仅对儿童的阅读加工起到了积极作用，对于国外初学汉语的成年人来说，书写同样能加强汉字的正字法表征，有利于提取汉字识别所需要的视觉空间信息以及伴随书写的感觉运动记忆，阅读汉字时，相应的记忆痕迹出现激活，进而促进汉字识别和形义的联结(Guan, Liu, Chan, Ye, & Perfetti, 2011)。脑成像研究也发现，相对于以书写拼音为中介的汉字学习方法，以书写汉字为中介的汉字学习方法更多激活了双侧顶上小叶和舌回，说明汉字书写可以使汉字的空间结构表征和正字法信息之间建立更好的联结；通过书写汉字习得的汉字比通过书写拼音习得的汉字在词汇识别时更多激活了感觉运动皮层，而汉字识别的正确率与右侧顶上小叶、右侧舌回以及左侧感觉运动皮层的激活呈正相关，说明汉字书写有利于词汇识别(Cao et al., 2013)。汉字阅读不仅与汉字书写有关，汉语儿童对非熟悉文字(韩语、越南语、希伯来语)的抄写能力与汉字的读写能力显著相关(McBride-Chang, Chung, & Tong, 2011)，说明书写技能本身也对儿童识字及阅读的发展起到了重要作用。

4.2 电脑打字对汉字阅读的影响

对汉字而言，电脑打字与传统书写不仅在书写动作上存在差异，在内部加工上也有很大

不同。目前最常用的汉字电脑打字方法是拼音输入法，拼音输入法与传统书写之间的差异主要表现在两个方面：1.书写动作的差异。传统的纸笔书写需要精细的手写动作，要根据文字的笔画轨迹及笔画顺序来完成书写，而电脑打字仅要求手指按键来完成文字的书写，不需要精细的手写动作。2.内部加工过程的差异。汉字并非拼音文字，电脑键盘也不与汉字笔画一一对应，因此电脑打字与传统书写在内部加工过程上存在很大差异，传统书写过程需要在头脑中完整表征汉字字形，然后手写输出汉字，而电脑打字则不需要在头脑中完整表征字形，只需根据汉字的拼音(对当前最常用的拼音打字而言)敲击电脑键盘上对应的字母，屏幕上就会出现相应的汉字或词汇。由此可以推测，电脑打字对汉字阅读的影响可能比对拼音文字的影响更大。

电脑打字不需要精细的书写动作，因此，在汉字学习的早期阶段过多使用电脑打字可能会削弱汉字的正字法表征，进而影响汉字阅读。Tan 等(2013)的研究显示，由于电脑打字的广泛使用，我国小学中高年级的儿童出现阅读困难的比例高于以前。进一步的分析发现小学生的阅读能力与纸笔书写呈显著正相关，而与电脑打字呈显著负相关，说明我国小学儿童过早过多使用电脑打字尤其是采用拼音打字法输出汉字，影响了汉字加工过程中的视觉-字形分析，阻碍了儿童的阅读发展。但也有研究者认为对具有书面语言经验的儿童，拼写输入和手写都有利于形成和巩固汉字在心理辞典中的义音形联结，对汉字识别的影响不大。陈京军、许磊、程晓荣和刘华山(2016)考察了纸笔手写和键盘拼音输入对小学高年级儿童汉字学习的影响，发现在儿童掌握汉字之后，不同方式的书写练习对儿童的汉字认知加工具有同等积极作用，在再认选择和回忆书写上效果相当；但在儿童尚未完全掌握汉字时，不同方式的书写练习对汉字认知加工的积极作用不一致：在再认选择上两者的积极效果相当，但在回忆书写上，手写明显优于拼音输入。

除了在汉字学习的早期阶段，电脑打字会影响初学者的汉字阅读，对已经熟练掌握汉字的成人而言，电脑打字同样对汉字阅读产生了影响。有研究考察了拼音输入法经验对汉字认知加工的影响，发现拼音输入法经验多的被试在汉字字形和语音加工上均表现出了一定的优势(朱朝霞，彭聃龄，刘丽，丁国盛, 2009)，说明电脑打字在某种程度上促进了汉字的认知加工。

汉字的电脑打字有两种不同的方式，除常用的拼音输入法(基于汉字的读音打字)外，还有一种是基于汉字字形的五笔输入法。不同的电脑输入法对汉字阅读产生了不同影响。钱华和冯成志(2004)以小学生作为研究对象，直接比较了不同的输入法经验对汉字字词加工的影响，发现拼音输入法促进了汉字语音的加工，而纵横输入法(基于汉字字形的一种输入法)则

促进了汉字字形的加工。电脑打字不仅会单独对汉字字形或语音加工产生影响，长期使用某种汉字输入法还会影响使用者心理词典中汉字的形、音、义联结，惯用五笔字形输入法的个体会加强汉字字形和字义的联结；惯用拼音输入法的个体会加强汉字字音和字义的联结(张积家，李茂, 2010)。总之，对汉字而言，电脑打字不仅改变了书写动作，而且它与传统书写在内部加工过程上也存在差异，因此电脑打字对汉字阅读的影响更加复杂。目前关于电脑打字对汉字阅读的影响研究结论并不一致，电脑打字对汉字阅读的影响机制有待进一步探讨。

5　研究展望

书写是语言加工的一个重要方面，书写方式的改变不仅会对阅读产生影响，也有可能对语言加工的其他方面产生更广泛的影响。电脑打字和传统书写并存的局面，为研究者提供了一个理想的对比条件来探讨书写对阅读以及语言加工其他方面的影响。但目前关于该领域的研究仍较少，结论也不一致，未来可以从以下三个方面开展进一步的研究。

第一，根据具身认知理论，书写作为一种外在的动作会影响人的心理表征。李慧敏认为可用具身认知理论解释不同书写方式对语言加工的影响(李慧敏，王若萌，王权红，邱江, 2015)。国外研究者也从具身认知的角度探讨了书写方式的改变对语言加工的影响。在纸笔书写的条件下，被试对单词自由回忆的成绩显著高于打字条件下的回忆成绩(Mangen, Anda, Oxborough, & Brønnick, 2015)。书写方式还能影响高水平的认知加工，与传统书写相比，小学生用电脑打字方式写出的论文知识点少，专业术语准确性更低，对知识的理解也更差(Abersek, Abersek, & Flogie, 2018)。可见，书写不仅会对阅读产生影响，还可能对语言加工产生了更广泛的影响，可以基于具身认知理论探讨书写对语言加工其他方面的影响。

第二，考察传统书写与电脑打字的神经机制的差异有助于加深对书写和阅读关系的认识。电脑打字作为一种新的书写方式，已经成为人们的主要书写方式，但目前只有一篇文献探讨了日语的电脑打字的神经机制以及电脑打字与传统书写神经机制的差异(Higashiyama et al., 2015)。在不同的文字系统中，文字的纸笔书写过程不同，电脑打字过程差异更大，未来应该结合不同文字系统，深入考察电脑打字的神经机制，以及电脑打字与传统书写神经机制的差异。

第三，电脑打字对汉字认知加工的影响及其神经机制仍需深入探讨。对汉字来说，电脑打字与传统书写之间的差异更大，电脑打字对汉字认知加工的影响更加值得关注。近些年国内研究者已经开始关注这个问题，发现电脑打字确实会对汉字认知加工产生一定的影响(钱华，冯成志, 2004；张积家，李茂, 2010；朱朝霞等, 2009；陈京军等, 2016; Tan et al., 2013)，但这类研究不仅数量较少，结论也不一致。而且，关于电脑打字对汉字认知加工的影响研究

不够深入，有很多因素并没有考虑，譬如，虽然电脑打字和传统书写都能够促进汉字形音义的联结(陈京军等, 2016)，但其作用机制可能不同，传统书写可能通过书写动作来加强正字法表征，而电脑打字可能通过输出拼音后的字形选择来加强正字法表征，因此，在行为数据上不易表现出差异，如果对比不同书写方式影响汉字认知加工的神经机制，则可能发现电脑打字和传统书写对汉字认知加工的不同影响机制。

参考文献

陈京军，许磊，程晓荣，刘华山. (2016).儿童汉字练习：纸笔手写与键盘拼音输入的效果比较. *心理学报, 48*(10), 1258–1269.

李慧敏，王若萌，王权红，邱 江. (2015).计算机时代的书写心理学. *心理科学进展, 23*(10), 1843–1851.

钱华，冯成志. (2004). 汉字输入法对汉字字词加工的影响研究. *心理科学*, *27*(6), 1368–1370.

王成，尤文平，张清芳. (2012). 书写产生过程的认知机制. *心理科学进展, 20*(10), 1560–1572.

张积家，李茂. (2010). 汉字输入法对汉字形、音、义联结的影响. *心理科学*, *33*(4), 835–838.

朱朝霞，彭聃龄，刘丽，丁国盛. (2009). 拼音输入法经验对汉字字形和语音加工的影响. *心理学报*, *41*(9), 785–792.

Abersek, M. K., Abersek, B., & Flogie, A. (2018). Writing versus typing during science teaching : case study in slovenia. *Journal of Baltic Science Education, 17*(1), 84–96.

Aragón-Mendizábal, E., Delgado-Casas, C., Navarro-Guzmán, J.-I., Menacho-Jiménez, I., Romero-Oliva, M.-F. (2016). A comparative study of handing and computer typing in note-taking by university students. *Comunicr, 24*(48), 101–107.

Auerbach, S.H., & Alexander, M.P. (1981). Pure agraphia and unilateral optic ataxia associated with a left superior parietal lobule lesion. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 44*, 430– 432.

Baldo, J.V., Kacinik, N., Ludy, C., Paulraj, S., Moncrief, A., Piai, V., …Dronkers, N.F. (2018). Voxel-based lesion analysis of brain regions underlying reading and writing. *Neuropsychologia*, in press

Bartolomeo, P., Bachoud-levi, A.-C., Chokron, S., & Degos, J.-D. (2002). Visually- and motor-based knowledge of letters: evidence from a pure alexic patient. *Neuropsychologia*, *40*, 1363–1371.

Beeson, P.M., Rapcsak, S.Z., Plante, E., Chargualaf, J., Chung, A., Johnson, S.C., & Trouard, T.P. (2003). The neural substrates of writing: a functional magnetic resonance imaging study. *Aphasiology, 17*, 647–665.

Cao, F., Vu, M., Chan, D. H. L., Lawrence, J. M., Harris, L.N., Guan, Q., … Perfetti, C.A. (2013). Writing affects the brain network of reading in Chinese: a functional magnetic resonance imaging study. *Human Brain*

Mapping, 34, 1670–1684.

Chan, D. W., Ho, C. S.-H., Tsang, S.-M., Lee, S.-H., & Chung, K. K. H. (2006). Exploring the reading-writing connection in Chinese children with dyslexia in Hong Kong. *Reading and Writing, 19,* 543–561.

Guan, C.Q., Liu, Y, Chan, D.H.L., Ye, F., & Perfetti, C.A. (2011). Writing strengthens orthography and alphabetic-coding strengthens phonology in learning to read Chinese. *Journal of Educational Psychology, 103*(3)*,* 509–522.

Higashiyama, Y., Takeda, K., Someya, Y., Kuroiwa, Y., & Tanaka, F. (2015). The neural basis of typewriting: A functional MRI study. *Plos One. 10*(8)*,* e0137265.

James, K. H. (2010). Sensori-motor experience leads to changes in visual processing in the developing brain. *Developmental Science, 13*(2), 279–288.

Katanoda, K., Yoshikawa, K., & Sugishita, M. (2001). A functional MRI study on the neural substrates for writing. *Human Brain Mapping, 13*, 34–42.

Keller, C., & Meister, I.G. (2014). Agraphia caused by an infarction in Exner's area. *Journal of Clinical Neuroscience, 21*, 172–173.

Kiefer, M., Schuler, S., Mayer, C., Trumpp, N. M., Hille. K., & Sachse, S. (2015). Handwriting or typewriting? The influence of pen or keyboard-based writing training on reading and writing performance in preschool children. *Advances in Cognitive Psychology, 11*(4)*,* 136–146.

Longcamp, M., Anton, J.-L., Roth, M., & Velay, J.-L. (2003). Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *NeuroImage, 19*, 1492–1500.

Longcamp, M., Anton, J.L., Roth, M., & Velay, J.-L. (2005). Premotor activations in response to visually presented single letters depend on the hand used to write: a study on left-handers. *Neuropsychologia, 43*, 1801–1809.

Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J.-C., Anton, J.-L., Roth, M., Nazarian, B., & Velay J.-L. (2008). Learning through hand-or typewriting influences visual recognition of new graphic shapes: behavioral and functional imaging evidence. *Journal of cognitive neuroscience, 20*(5), 802–815.

Longcamp, M., Boucard. C., Gilhodes, J.-C., & Velay, J.-L. (2006). Remembering the orientation of newly learned characters depends on the associated writing knowledge: A comparison between handwriting and typing. *Human Movement Science, 25*, 646–656.

Longcamp, M., Hlushchuk, Y., & Hari, R. (2011). What differs in visual recognition of handwritten vs. printed letters? An fMRI study. *Human Brain Mapping, 32*, 1250–1259.

Longcamp, M., Lagarrigue, A., Nazarian, B., Roth, M., Anton, J.-L., Alario, F.-X., & Velay J.-L. (2014).

Functional specificity in the motor system: evidence from coupled fMRI and kinematic recording during letter and digit writing. *Human Brain Mapping, 35*(12), 6077–6087.

Longcamp, M., Tanskanen, T., & Hari, R. (2006). The imprint of action: Motor cortex involvement in visual perception of handwritten letters. *NeuroImage, 33*, 681–688.

Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M.-T., & Velay, J.-L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: a comparison between handwriting and typing. *Acta Psychologica, 119*, 67–79.

Mangen, A., Anda, L. G., Oxborough, G. H., & Brønnick, K. (2015). Handwriting versus keyboard writing: effect on word recall. *Journal of Writing Research, 7*(2), 227–247.

Masterson, J. J., & Apel, K. (2006). Effect of modality on spelling words varying in linguistic demands. *Developmental Neuropsychology, 29*(1), 261–277.

Matsuo, K., Kato, C., Okada, T., Moriya, T., Glover, G.H., & Nakai, T. (2003) Finger movements lighten neural loads in the recognition of ideographic characters. *Cognitive Brain Research, 17*, 263–272.

McBride-Chang, C., Chung, K.K.H., & Tong, X. (2011). Copying skills in relation to word reading and writing in Chinese children with and without dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology, 110*, 422–433.

McCarney, D., Peters, L., Jackson, S., Thomas, M., & Kirby, A. (2013). Does poor handwriting conceal literacy Potential in primary school children?. *International Journal of Disability, Development and Education, 60*(2), 105–118.

Menon, V., & Desmond, J.E. (2001). Left superior parietal cortex involvement in writing: integrating fMRI with lesion evidence. *Cognitive Brain Research, 12*, 337–340.

Mueller, P.A., & Oppenheimer, D. M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological Science, 25,* 1159-1168.

Nakamura, K., Honda, M., Okada, T., Hanakawa, T., Toma, K., Fukuyama, H., … Shibasaki, H. (2000). Participation of the left posterior inferior temporal cortex in writing and mental recall of kanji orthography: a functional MRI study. *Brain, 123*, 954–967.

Nakamura, K., Kuo, W.-J., Pegado, F., Cohen, L., Tzeng, O.J.L., & Dehaene, S. (2012). Universal brain systems for recognizing word shapes and handwriting gestures during reading. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109*(50), 20762–20767.

Ouellette, G., & Tims, T. (2014). The write way to spell: Printing vs. typing effects on orthographic learning. *Frontiers in Psychology, 5,* 117.

Pattamadilok, C., Ponz, A., Planton, S., & Bonnard, M. (2016). Contribution of Writing to Reading: Dissociation Between Cognitive and Motor Process in the Left Dorsal Premotor Cortex. *Human Brain Mapping, 37,* 1531–1543.

Perfetti, C.A., & Tan, L.H. (2013). Write to read: the brain's universal reading and writing network. *Trends in Cognitive Sciences, 17*(2), 56–57.

Planton, S., Jucla, M., Roux, F.-E., & Demonet, J.-F. (2013). The " handwriting brain": A meta-analysis of neuroimaging studies of motor versus orthographic processes. *Cortex, 49*, 2772–2787.

Purcell, J.J., Napoliello, E.M., & Eden, G.F. (2011). A combined fMRI study of typed spelling and reading. *NeuroImage, 55*, 750–762.

Purcell, J. J., Shea, J., & Rapp, B. (2014). Beyond the the visual word form area: The orthography-semantics interface in spelling and reading. *Cognitive Neuropsychology*, *31*(5-6):482-510.

Rapp, B., & Dufor, O. (2011).The Neurotopography of Written Word Production: An fMRI Investigation of the Distribution of Sensitivity to Length and Frequency. *Journal of Cognitive Neuroscience 23*(12)*,* 4067–4081.

Rapp, B., & Lipka, K. (2011). The literate brain: the relationship between spelling and reading. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23(5),* 1180–1197.

Roux, F.-E., Dufor, O., Giussani, C., Wamain, Y., Draper, L., Longcamp, M., & Demonet, J.-F. (2009). The graphemic/motor frontal area Exner's area revisited. *Annals of Neurology, 66*(4)*,* 537–545.

Roux, F. -E., Durand, J.- B., Réhault, E., Planton, S., Draper, L., & Démonet, J. -F. (2014). The neural basis for writing from dictation in the temporoparietal cortex. *Cortex*, *50*, 64–75.

Sakurai, Y., Onuma, Y., Nakazawa, G., Ugawa, Y., Momose, T., Tsuji, S., & Mannen, T. (2007). Parietal dysgraphia: Characterization of abnormal writing stroke sequences, character formation and character recall. *Behavioural Neurology, 18*(2)*,* 99–114.

Segal, E., & Petrides, M. (2012). The anterior superior parietal lobule and its interactions with language and motor areas during writing. *European Journal of Neuroscience, 35,* 309–322.

Seki, K., Yajima, M., & Sugishita, M. (1995). The efficacy of kinesthetic reading treatment for pure alexia. *Neuropsychologia, 33*, 595–609.

Sugihara, G., Kaminaga, T., & Sugishita, M. (2006). Interindividual uniformity and variety of the "Writing center": A functional MRI study. *NeuroImage, 32*, 1837–1849.

Tan, L. H., Xu, M., Chang, C.Q., & Siok, W. T. (2013). China's language input system in the digital age affects children's reading development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

America, 110(3), 1119–1123.

Tan, L.H., Spinks, J.A., Eden, G.F., Perfetti, C.A., & Siok, W.T. (2005). Reading depends on writing, in Chinese. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102*(24), 8781–8785.

Tohgi, H., Saitoh, K., Takahashi, S., Takahashi, H., Utsugisawa, K., Yonezawa, H., … Sasaki, T. (1995). Agraphia and acalculia after a left prefrontal (F1, F2) Infarction. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 58*, 629–632.

The influence of writing on reading: Evidence from the contrast between traditional writing and typing

ZHU Zhaoxia[1]; LIU Li[2]; CUI Lei[1]; PENG Danling[2]

([1] School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

([2] State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Writing and reading are both developed on the basis of written language and share some common neural mechanisms. Writing can affect reading processing due to that reading not only relies on visual processing, but also relies on writing motor representation. Different ways of writing have different effects on reading, i.e., traditional writing promotes reading processing, whilst typing impedes the reading processing to some extent. For Chinese readers, traditional writing promotes reading processing by strengthening orthographic representation, however, the effect of typing on reading processing is still controversial. In the future, we should investigate the different neural mechanisms underlying different writing approaches. More importantly, we should focus on the influence of typing on Chinese character processing.

Key words: writing; typing; reading; neural mechanism; Chinese character processing